

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 154**

51 Int. Cl.:

C22B 3/26 (2006.01)

C22B 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.08.2016 E 16184600 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2019 EP 3246420**

54 Título: **Proceso de lixiviado de cobre**

30 Prioridad:

18.05.2016 CL 2016001188

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

22.10.2019

73 Titular/es:

**ANTOFAGASTA MINERALS S.A. (100.0%)
Av. Apoquindo Nº 4001, piso 18 Las Condes
Santiago, CL**

72 Inventor/es:

**BACKIT GUTIÉRREZ, ABRAHAM y
TAPIA CORTÉS, GUSTAVO**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 728 154 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Proceso de lixiviado de cobre

5 **Campo técnico**

La invención se desarrolla en el campo de la lixiviación química de minerales de cobre, tanto de sulfuros primarios como secundarios. Más específicamente, se refiere a un proceso para el mejoramiento de procesos de lixiviación de cobre utilizando cloruro de calcio.

10

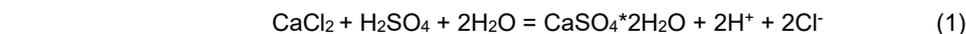
Descripción de la técnica previa

Como documento cercano del estado de la técnica, la solicitud de patente CL 1411-1996 (patente Chilena N.º 40.891) se refiere a un proceso para aglomerar minerales de cobre finamente triturados, que forman apilamientos con permeabilidad líquida en lixiviación por goteo, superior a 200 Darcy y permeabilidad gaseosa en lixiviación por goteo, más alta que 1.000 Darcy.

En la fase de aglomeración, se añade una primera solución que contiene cloruro de calcio y una segunda solución que contiene ion sulfuro y el agua usada en la aglomeración en donde está disuelto el cloruro de calcio. El agua puede ser pura, agua industrial, agua salina o soluciones de lixiviación y formándose luego una pila con el material aglomerado. Este material se deja reposar durante una cierta cantidad de tiempo, se lixivia la pila con una solución lixivante y luego se lava con agua pura, agua industrial, agua de mar, agua salina o refinada.

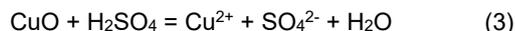
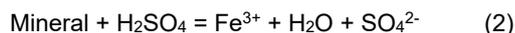
El proceso de uso industrial anteriormente citado está compuesto por las fases de aglomeración - curado, lixiviación con solución con alto contenido de cloruro, hierro y cobre donde finalmente el mineral se lava con una solución con baja concentración de cobre y alta concentración de ácido (véase la Figura 1). Las fases de extracción por disolventes y la extracción electrolítica no están comprendidas en la patente N.º CL 40.891.

La característica novedosa del proceso de la invención desvelada es la adición de cloruro de calcio (CaCl_2) en la fase de aglomeración, en donde se añaden de 2 a 25 kg por tonelada de mineral seco de este compuesto. Esta adición tiene dos objetos, primero, formar un puente sólido entre las partículas finas y las gruesas mediante la generación de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) según la reacción:



El segundo objeto es proporcionar el anión cloruro, necesario para las reacciones de regeneración de los agentes oxidantes en el proceso.

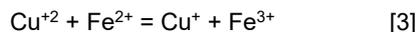
Las reacciones de lixiviación comienzan en la fase de curado, cuando el ácido sulfúrico disuelve parte del cobre soluble y el hierro desde el mineral.



A partir de la reacción (2) el ion férrico empieza a disolver la calcosina y la covelina según las reacciones:



En un proceso de lixiviación normal, las reacciones [1] y [2] se detienen al acabarse el ion férrico disuelto desde el mineral; sin embargo, al añadir el ion cloruro al aglomerado (Cl^-) proveniente del cloruro de calcio está la presencia de ion cuproso (Cu^+), y este a su vez permite la regeneración del ion férrico a través del equilibrio químico que se muestra en la reacción [3];



Esta reacción está favorecida por el aumento de la concentración de cloruro en la fase de aglomeración, es decir, cuanto más cloruro hay en la aglomeración más ion férrico y más ion cuproso se forman.

A su vez, el ion cuproso reacciona rápidamente al contactar con el oxígeno y se oxida a ion cúprico según la reacción [4];



Mediante estas dos reacciones, el ion férrico continúa la disolución de las especies de cobre sulfuradas de cobre.

Una vez que el mineral termina el proceso de curado (tiempo de reposo en donde se llevan a cabo las primeras reacciones químicas antes mencionadas) el mineral se lixivia con una solución denominada solución de lixiviación intermediada (solución recirculada) o ILS por sus siglas en inglés. La solución ILS (solución recirculada) tiene las siguientes características:

CuT = 0,2 a 5 [g/l],

FeT= 8 a 16 [g/l],

Cl⁻ = 30 y 130 [g/l],

en donde CuT representa el cobre total, FeT representa el hierro total y Cl⁻ la concentración de ion cloruro presente en la solución.

El periodo de lixiviación con ILS (solución recirculada) es de entre 10 y 100 días.

El cobre en solución se extrae mediante las técnicas convencionales de extracción por disolventes y extracción electrolítica. Finalmente, el mineral se irriga con una solución de refinamiento con un bajo contenido en cobre y un alto en ácido sulfúrico.

El proceso anteriormente descrito, protegido por la patente N.º CL 40.891, permite lixiviar el cobre desde minerales secundarios (covelita, calcosina y parcialmente bornita), pero es ineficiente para extraer los minerales primarios de cobre (calcopirita y bornita). La lixiviación de la calcopirita en minerales se ha estudiado profundamente. En su mayoría estos estudios se basan en procesos de biolixiviación (lixiviación asistida por bacterias) y de una forma bastante menor, a través de lixiviación por medios químicos, todos ellos con resultados bastante modestos.

Otro documento cercano en el estado de la técnica es la solicitud de patente chilena 574-2012, que divulga un método para lixiviar cobre y oro desde minerales sulfurados, en donde durante una primera fase se utiliza una solución de lixiviado que contiene ion cloruro, ion cobre e ion férrico bajo un agente oxidante del cual se obtiene un residuo de lixiviación, que se lixivia con una segunda solución que contiene ion cloruro, ion bromuro, ion cobre e ion férrico bajo un agente oxidante para recuperar el oro del residuo de lixiviación.

También puede mencionarse la patente chilena N.º 48.695, ya que divulga un proceso para recuperar cobre desde un material, en una célula electroquímica, que contiene al menos bornita, calcocita, calcopirita, covelita o enargita, para pasivación. El proceso descrito comprende lixiviar el mineral en una pulpa de ácido clorhídrico o pulpa mixta de cloruro/sulfato, en presencia de oxígeno disuelto e iones cúpricos, manteniendo el potencial de la superficie del mineral dentro de un intervalo de 550 mV a 600 mV.

Otro documento del estado de la técnica que se puede mencionar es la patente Chilena N.º 45.163 que divulga un proceso para lixiviar concentrados de cobre en un apilamiento de guijarros, en donde: los concentrados de cobre se adhieren artificialmente a la superficie de un material sólido útil para soportarlo, que puede ser un material artificial o una sustancia pétreo, formando un aglutinado; el material aglutinado se recoge en una cancha formando una pila de lixiviación; se riega con una solución lixivante que contiene, entre 0,5 y 10 g/l de Cu²⁺, 50 a 120 g/l de Cl⁻ y 5 a 25 g/l de concentración ácida, expresada como ácido sulfúrico.

Finalmente, se puede mencionar la solicitud Chilena 395-2015, que divulga un proceso de extracción de cobre a partir de minerales de sulfuro de cobre, en donde se mejoró el potencial de solución a más alto que 700 mV SHE, en ausencia de cualquier microorganismo, poniéndolos en contacto con los minerales en una fase de pre-tratamiento con una solución ácida a un alto contenido de cloruro que contiene cobre disuelto.

Ninguno de los documentos citados anteriormente divulgan los procesos que caracterizan la presente invención, es decir, adición de solución recirculada en el proceso de aglomeración; adición de calor al mineral sulfuro primario y/o la solución en la etapa de curado con temperatura más alta que 30 °C; adición de calor al mineral o calentamiento de soluciones en la etapa de lixiviación en pozos con solución que contiene solución recirculada, a temperatura más alta que 30 °C; y el lavado con solución de refino a temperatura más alta que 30 °C.

Sumario de la invención

Esta invención divulga un proceso para mejorar significativamente un proceso de lixiviación química de cobre para minerales primarios y secundarios, utilizando cloruro de calcio comprendido por las fases de aglomeración, curado, lixiviación con un alto contenido de cloruro, hierro y cobre. Finalmente, el mineral se lava con una baja concentración de cobre y una alta concentración de ácido, en donde se extrae el cobre impregnado en el pozo y en donde se utiliza solución recirculada en la fase de aglomeración. Además, se utiliza también temperatura en las etapas de curado y lixiviación, añadiéndose calor al mineral mediante el calentamiento de las soluciones de lixiviación y/o añadiendo aire caliente a la pila, en donde la temperatura es más alta que 30 °C y menor que 60 °C. La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de las figuras

La Figura 1 muestra el proceso utilizado industrialmente por Minera Michilla (técnica anterior).

La Figura 2 muestra el proceso de la invención, que utiliza solución intermedia en el aglomerado y temperatura en el curado, la lixiviación y el lavado.

La Figura 3 muestra un gráfico del efecto de la extracción de cobre para mineral de calcopirita en función de la temperatura con un contenido de cobre total (CuT) del mineral del 0,632 %.

La Figura 4 muestra un gráfico del efecto de la extracción de cobre para mineral de calcopirita con temperatura y un contenido de cobre total (CuT) del mineral del 0,36 %.

La Figura 5 muestra un gráfico del efecto en la extracción de cobre para sulfuros primarios al añadir solución recirculada a la aglomeración.

La Figura 6 muestra una columna de lixiviación con camisa de agua para realizar la experimentación de lixiviación con temperatura de minerales de calcopirita.

Descripción detallada de la invención

Como se muestra en la Figura 2, se describe un r que utiliza cloruro de calcio para minerales sulfurados primarios y secundarios de cobre chancados con una granulometría de entre aproximadamente el 80 % bajo 12 mm a aproximadamente el 80 % bajo 3 mm. La selección del tamaño de partícula es una función entre la meta de recuperación y el coste de triturado. El nuevo proceso presentado en el presente documento, utiliza solución recirculada que se obtiene a partir de soluciones obtenidas durante la lixiviación (3) y el lavado (4) que se extrae desde una piscina (14). Este proceso tiene cuatro procesos novedosos que permiten obtener mejoras en la recuperación de cobre:

1. Adición de solución recirculada en el proceso de aglomeración (1).

Este proceso considera añadir en la fase de aglomeración (1) la solución recirculada, que se transporta a través de una línea (13) para este fin, utilizándose minerales primarios y secundarios de cobre. Este proceso tiene dos ventajas: La primera es que la solución recirculada ya posee los agentes químicos necesarios para la disolución de las especies sulfuradas de cobre (Fe^{3+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} y Cl^-), lo que implica una ventaja cinética en la fase de curado, ya que se suministran el cobre y el ion férrico necesarios para que se inicien las reacciones de lixiviación del mineral primario y secundario de cobre.

La segunda ventaja es que la solución recirculada posee una concentración más alta de ion cloruro (30 a 130 g/l) en comparación a los 21 g/l del agua de mar, lo que implica que para una misma cantidad de solución de aglomeración el aporte del ion cloruro es más alto, lo que es necesario para las reacciones de regeneración del ion férrico. La solución de aglomeración es una combinación de agua de mar, solución salina u otro tipo de agua, o solución de lixiviación añadida a una tasa de 1 a 40 l/ton de mineral seco con solución recirculada añadida al tambor de aglomeración, a una tasa de 25 a 100 l/ton de mineral seco y adición de ácido sulfúrico (9) en función del consumo obtenido en procesos de laboratorio, típicamente entre un 50 y un 80 % del total. La solución de recirculada contiene una concentración de cobre total de 0,2 a 5,0 g/l; una concentración de ion ferroso de 1,0 a 10 g/l; una concentración de ion férrico de 1,0 a 10,0 g/l; y una concentración de ácido sulfúrico de 2,0 a 10,0 g/l.

El aglomerado resultante tiene una humedad de entre el 6 y el 12 % al salir del tambor de aglomeración (1), dependiendo de las características del mineral.

Adicionalmente, en el proceso de aglomeración la solución recirculada está a una temperatura mayor que 30 °C y menor que 60 °C.

2. Adición de calor (10) al mineral de azufre primario y/o la solución en la fase de curado (2) con una temperatura mayor que 30 °C y menor que 60 °C.

Después del proceso de aglomeración, la mezcla agua de mar, solución salina u otro tipo de agua, cloruro de calcio, ácido sulfúrico y solución recirculada suministrada a temperaturas más altas que 30 °C forman una solución que alcanza valores máximos de temperatura de 70 °C a 85 °C dependiendo de la composición del material. La solución formada alcanza concentraciones de ion cloruro de 140 a 365 g/l y asegura la estabilidad del ion cuproso en solución en la capa límite.

Esta etapa se realiza calentando el lecho (10) y/o la solución de acuerdo con los métodos disponibles en el mercado, tales como camisas de agua, calefactores eléctricos, aire caliente, radiación solar o cualquier otro método que permita mantener una temperatura del mineral más alta que 30 °C y menor que 60 °C. El tiempo de curado es más alto que 3 días y preferentemente más alto que 7 días.

3. Adición de calor al mineral (11) o calentamiento de las soluciones (5) en la etapa de lixiviación (3) en pilas con solución que contiene solución recirculada a una temperatura mayor que 30 °C y menor que 60 °C.

Después del proceso anterior de curado, sigue este proceso que con la adición de cloruro de calcio (CaCl₂) durante la aglomeración (1) es eficiente para la lixiviación de los minerales primarios y secundarios de cobre. Una forma de aumentar significativamente la extracción de cobre con altos contenidos de calcopirita es añadiendo calor al sistema.

5 En este caso, el calor se añade al mineral mediante el calentamiento de las soluciones de lixiviación (5) y/o la adición de aire caliente (11). Esto, además de la lixiviación de la pirita, generaría el calor suficiente para que se aumente la velocidad de lixiviación de la calcopirita. El calor producido en esta fase se debe a una reacción exotérmica durante la lixiviación de la pirita. La cantidad de calor generado depende de la composición mineralógica de la mena. La solución recirculada de riego de la pila entra a una temperatura mayor que 30 °C y menor de 60 °C, calentada por un intercambio de calor (5) con la solución rica (PLS) a la salida de la pila, transportada por cañerías (7).

El período eficaz de riego para azufres secundarios es menor que 80 días y para azufres primarios menor que 300 días.

15 4. Lavado en pilas con solución de refinamiento a partir del proceso anterior de lixiviación en pozo.

La solución de refinamiento de riego del pozo anteriormente tratado con solución recirculada y anteriormente calentado a temperaturas más altas que 30 °C y menores que 60 °C, después de pasar a través del proceso de extracción por disolvente también entra al pozo (4) como solución de refinamiento a una temperatura mayor que 30 °C y menor que 60 °C, calentada por un intercambio de calor (6) que funciona con la solución de PLS en la salida del pozo (12) transportada por tuberías (8). La solución de refinamiento para este proceso se extrae desde una piscina de solución de refinamiento (15) a la salida del proceso de extracción por disolventes.

25 **Ejemplos**

Fase experimental (I)

Estas pruebas experimentales se realizaron en columnas de lixiviación (1) (véase la Figura 6), de un metro de altura de forma tubular, donde se calienta el mineral con un contenido de cobre total del 0,632 %, con un contenido de calcopirita del 95 %, obteniéndose los siguientes resultados con muestra triturada al 100 % bajo 12 mm:

Lixiviación sin temperatura	CuT = 0,632 %
Tiempo	Extracción CuT
	(acumulado)
[días]	[%]
0	0,0
1	1,6
2	2,4
3	2,6
4	2,8
5	2,9
6	3,1
12	4,1
19	5,2
26	6,2
33	7,1
39	7,9
48	8,9
54	9,6
61	8,4
68	9,1
75	9,7
82	10,3
89	10,8

Lixiviación con temperatura	CuT = 0,632 %
Tiempo	Extracción CuT
	(Acumulado)
[días]	[%]
0	0,0
1	15,1
2	16,5
3	17,8
4	18,3
5	18,5
6	19,4
12	25,2
19	30,7
26	34,4
33	35,6
39	40,0
48	42,3
54	44,1
61	45,6
68	45,5
75	47,6
82	50,3
89	51,8

Lixiviación sin temperatura	CuT = 0,632 %	Lixiviación con temperatura	CuT = 0,632 %
Tiempo	Extracción CuT (acumulado)	Tiempo	Extracción CuT (Acumulado)
[días]	[%]	[días]	[%]
96	11,3	96	52,0
103	11,8	103	53,1
110	12,2	110	54,7
117	12,6	117	55,3
124	13,0	124	59,1
131	13,3	131	57,0
138	13,7	138	57,2
145	14,0	145	58,2
152	14,3	152	57,9
159	14,5	159	62,0
166	14,8	166	61,0
173	15,0	173	60,2
180	15,2	180	60,4
187	15,4	187	60,4
194	24,1	194	72,4
201	28,7	201	75,3
205	28,8	205	75,4

Tabla 1: Recuperación de cobre con y sin temperatura con CuT = 0,632 %.

Estos datos corresponden al gráfico de la Figura 3.

5 Se realizó una segunda experiencia aportando calor a la columna de lixiviación, esta vez utilizando un mineral con un 0,36 % de CuT, con contenidos de calcopirita de por encima de un 90 %, obteniéndose los siguientes valores para muestras trituradas al 100 % bajo 12mm:

10 Tabla 2: Resultados del proceso de lixiviación utilizando temperatura.

Lixiviación con temperatura	CuT=0,36 %
Tiempo	Extracción CuT
	Cu Ext. Acum
Días	[%]
0	0
60	35,65
124	45,5
166	50,1

Estos datos corresponden al gráfico de la Figura 4.

15 De acuerdo con estos resultados, puede apreciarse que se obtiene una mayor recuperación utilizando temperatura para el proceso de lixiviación indicado.

La recuperación final depende en gran parte de la liberación del cobre y el efecto del CaCl₂ en la calidad del aglomerado permite tratar en rodillos de presión hasta bajo 2 mm.

Fase experimental (II)

5 Los resultados experimentales que simulan las fases de aglomeración y curado muestran que a los minerales a los cuales se incorporó ILS (solución recirculada) tienen una mejor extracción de cobre, lo que significaría una mejora en la cinética de extracción de cobre aguas abajo (proceso de lixiviación con solución,) es decir, se puede obtener la misma cantidad de cobre en menor tiempo.

10 La Figura 5 muestra unas experiencias de barrido donde se utilizaron distintas concentraciones en la fase de curado, que se realizaron a un mineral proveniente de la mina Estefanía de Minera Michilla, con una cantidad de cobre total del 1,69 % y un cobre soluble del 0,69 %. Adicionalmente, puede apreciarse en la Figura 5 que en el caso del proceso sin ILS (solución recirculada), se obtuvo un 34 % de recuperación de cobre total. Sin embargo, cuando se realizó la extracción en el proceso de aglomeración, aumentó la recuperación de cobre con la adición de un 50 % de solución ILS (solución recirculada) o con un 75 % de solución ILS (solución recirculada), donde se obtuvo un 40 % y un 46 % de recuperación de cobre total, respectivamente.

15 Los minerales se aglomeraron con las siguientes dosis de compuestos:

Tabla 3: dosis de compuestos para la aglomeración

	Aglomeración				CURADO
	H ₂ SO ₄	CaCl ₂	H ₂ O	Sol.ILS (solución recirculada)	
Blanco	25 [kg/t]	4 [kg/t]	65 [L/t]	0 [L/t]	
Reemplazo 50 % agua con ILS (solución recirculada)	25 [kg/t]	4 [kg/t]	32,5 [L/t]	32,5 [L/t]	10 DÍAS
Reemplazo 75 % agua con ILS (solución recirculada)	25 [kg/t]	4 [kg/t]	16,25 [L/t]	48,75 [L/t]	

20 La solución de lixiviación recirculada utilizada tiene las siguientes características:

Tabla 4: dosis de compuestos del ILS (solución recirculada)

Compuesto	Dosis
Cu ²⁺	0,5 a 4 [g/l]
Fe ²⁺	2 a 5 [g/l]
Fe ³⁺	2 a 5 [g/l]
H ₂ SO ₄	2 a 6 [g/l]
Cl ⁻	70 a 80 [g/l]

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un proceso para disminuir significativamente los tiempos de lixiviado de minerales de cobre triturados primarios y secundarios con un tamaño de partícula entre el 80 % bajo 12 mm al 80 % bajo 3 mm en donde se usa para lixiviar minerales azufrados de cobre que tienen una mineralización de cobre primaria y/o secundaria como calcopirita, bornita y covelita, en donde el proceso comprende:
- 10 un primer proceso de aglomeración (1) en el que la solución de aglomeración es una combinación de agua de mar, solución salina u otro tipo de agua, cloruro cálcico, ácido sulfúrico, con solución recirculada obtenida de la solución resultante de la lixiviación (3) y el lavado (4);
- 15 un segundo proceso de curado en el pozo (2) después del proceso de aglomeración anterior (1) en el que la mezcla de agua de mar, solución salina u otro tipo de agua, cloruro cálcico, ácido sulfúrico, con solución recirculada obtenida de la solución resultante de la lixiviación (3) y el lavado (4) se suministra a temperaturas mayores que 30 °C y menores que 60 °C;
- 20 un tercer proceso de lixiviación en el pozo (3) que contiene solución recirculada después del proceso de curado anterior (2) en el que la solución recirculada para la irrigación de la pila entra con una temperatura mayor que 30 °C y menor que 60 °C;
- un cuarto proceso de lavado (4) con solución de refinamiento después del proceso de lixiviado anterior en la pila (3), en el que la solución de refinamiento para la irrigación del pozo previamente tratado con solución recirculada y previamente calentado a temperaturas mayores que 30 °C, después someterse al proceso de extracción con disolvente también entra en la pila como solución de refinamiento a una temperatura mayor que 30 °C y menor que 60 °C.
- 25 2. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante el primer proceso de aglomeración (1) la solución de aglomeración se añade a una tasa de 1 a 40 l/ton de mineral seco con solución recirculada obtenida de la solución resultante del lixiviado (3) y el lavado (4), añadida al tambor de aglomeración (1) a una tasa de 25,0 a 100,0 l/ton de mineral seco y ácido sulfúrico entre el 50-80 % del total de acuerdo con el consumo obtenido a partir de procedimientos de laboratorio.
- 30 3. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante el primer proceso de aglomeración (1) la solución recirculada obtenida de la solución resultante del lixiviado (3) y el lavado (4) está a una temperatura mayor que 30 °C y menor que 60 °C.
- 35 4. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante el primer proceso de aglomeración (1) la solución recirculada obtenida de la solución resultante del lixiviado (3) y el lavado (4) tiene una concentración de cobre total de 0,2 a 5,0 [g/l].
- 40 5. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante el primer proceso de aglomeración (1) la solución recirculada obtenida de la solución resultante del lixiviado (3) y el lavado (4) tiene una concentración de ion ferroso de 1,0 a 10,0 [g/l].
- 45 6. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante el primer proceso de aglomeración (1) la solución recirculada obtenida de la solución resultante del lixiviado (3) y el lavado (4) tiene una concentración de ion férrico de 1,0 a 10,0 [g/l].
- 50 7. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante el primer proceso de aglomeración (1) la solución recirculada obtenida de la solución resultante del lixiviado (3) y el lavado (4) tiene una concentración de ácido sulfúrico de 2,0 a 10,0 [g/l].
- 55 8. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante el primer proceso de aglomeración (1) la solución recirculada obtenida de la solución resultante del lixiviado (3) y el lavado (4) tiene una concentración de ion cloruro de 30,0 a 130,0 [g/l].
9. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante el primer proceso de aglomeración (1) el aglomerado resultante tiene una humedad entre el 6 y el 12 % cuando sale del tambor de aglomeración (1) dependiendo de la composición del material.
- 60 10. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante el segundo proceso de aglomeración en la pila (2) la mezcla de agua de mar, solución salina u otro tipo de agua, cloruro cálcico, ácido sulfúrico y solución recirculada obtenida de la solución resultante de la lixiviación (3) y el lavado (4) suministrada a temperaturas mayores que 30 °C forma una solución que alcanza valores máximos de temperatura de 70 a 85 °C dependiendo de la composición del material.
- 65 11. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante el segundo proceso de curado (2) la solución alcanza concentraciones de ion cloruro de 140 a 365 g/l y asegura la estabilidad del ion cuproso en solución en la capa límite.

- 5 12. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante el segundo proceso de curado en pozos (2), se añade energía en forma de calor (10) por medio de camisas de agua, calentadores eléctricos, aire caliente, radiación solar u otro método que permita mantener la temperatura del mineral en un intervalo por encima de 30 °C y por debajo de 60 °C.
13. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante el segundo proceso de curado en pozos (2) el periodo de curado es mayor que 3 días y preferentemente mayor que 7 días.
- 10 14. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante el tercer proceso de lixiviado (3) la solución recirculada se calienta a una temperatura mayor que 30 °C y menor que 60 °C por intercambio de calor (5) con la solución PLS a la salida de la pila.
- 15 15. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante el tercer proceso de lixiviado en pozos (3), el periodo eficaz de irrigación para azufres secundarios es menor que 80 días y para azufres primarios es menor que 300 días.
- 20 16. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde durante el cuarto proceso de lavado (4), la solución de refinamiento de irrigación en las pilas se calienta a una temperatura mayor que 30 °C y menor que 60 °C mediante un intercambio de calor (6) que funciona con la solución rica a la salida del pozo (12).
- 25 17. Uso del proceso de acuerdo con la reivindicación 1 para reducir significativamente los tiempos de lixiviación de minerales de cobre triturados primarios y secundarios con un tamaño de partícula entre el 80 % bajo 12 mm y el 80 % bajo 3 mm, en donde dicho proceso es útil para lixiviar minerales sulfurados de cobre que tienen mineralización primaria y/o secundaria del cobre, tales como calcopirita, bornita y covelita.

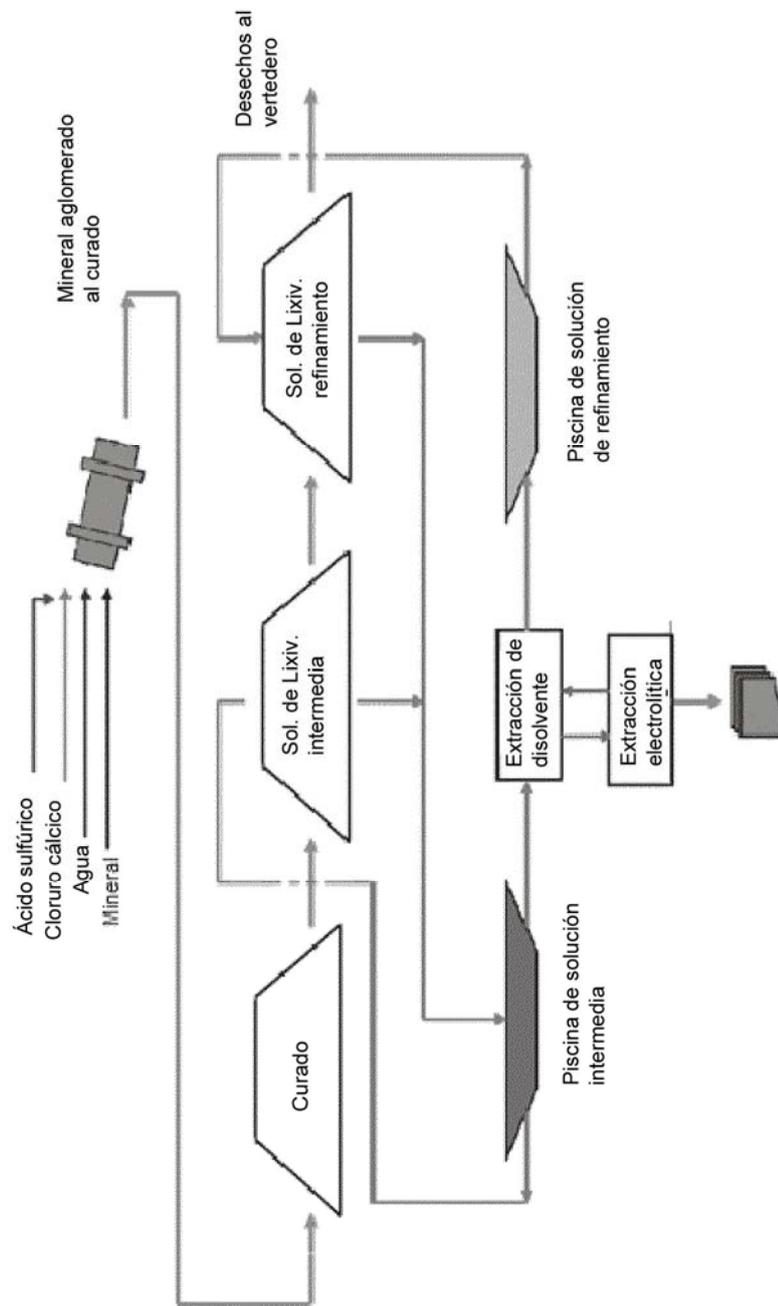


Figura 1

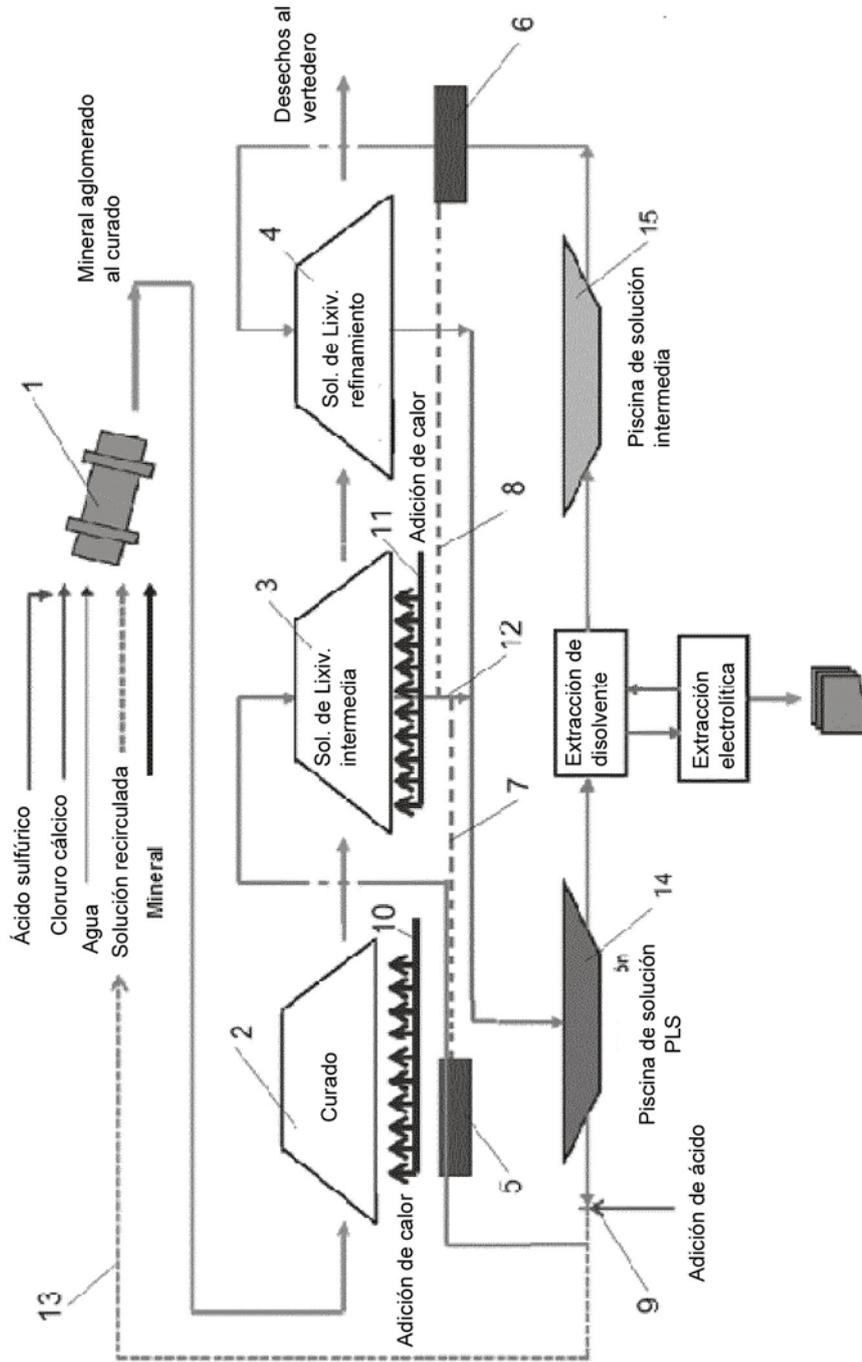


Figura 2

Efecto de la extracción de cobre en función del uso de temperatura con CuT=0,632%

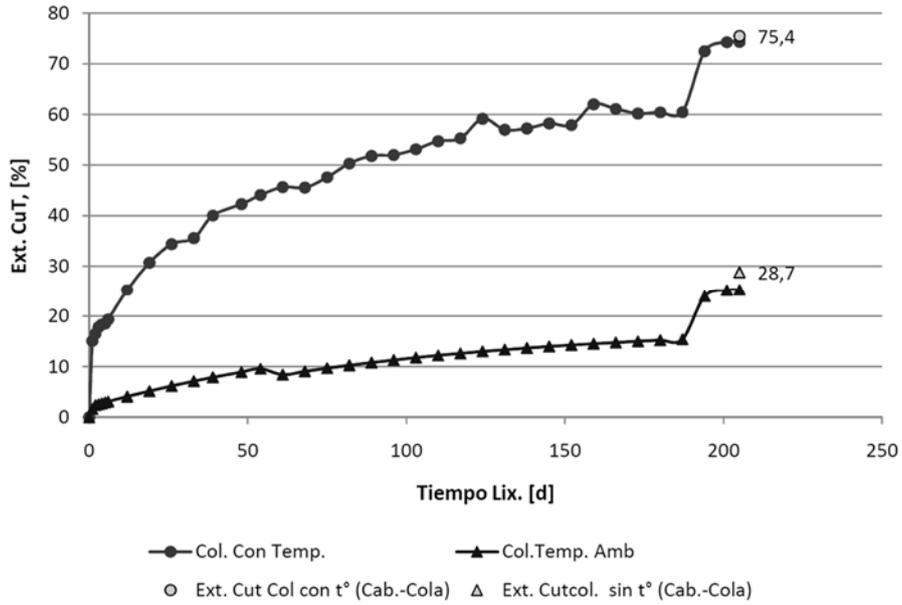


Figura 3

Efecto de la extracción de cobre con temperatura durante la lixiviación con CuT=0,36%

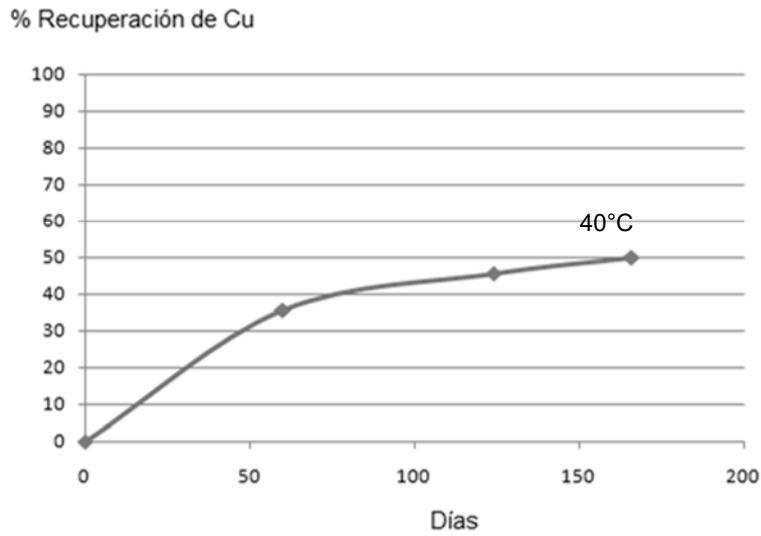


Figura 4

Efecto en la extracción de cobre en función del reemplazo del agua de mar por ILS en la aglomeración

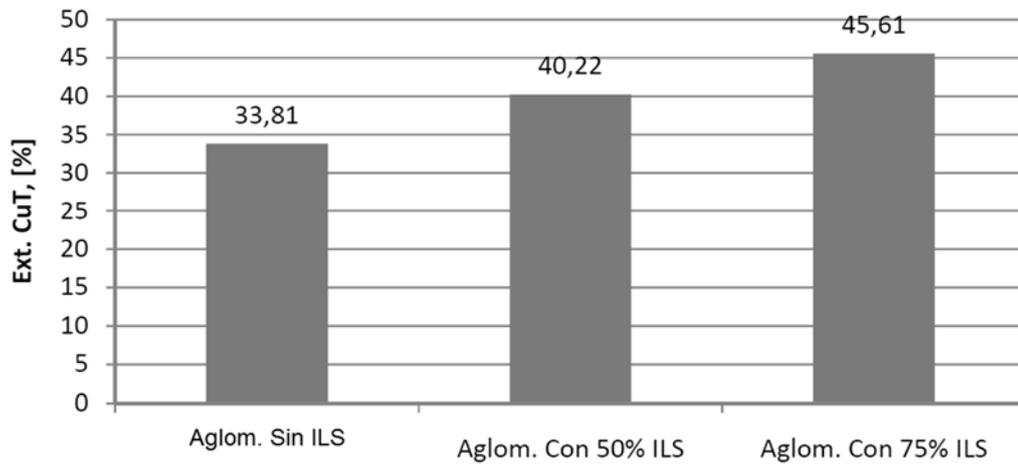


Figura 5

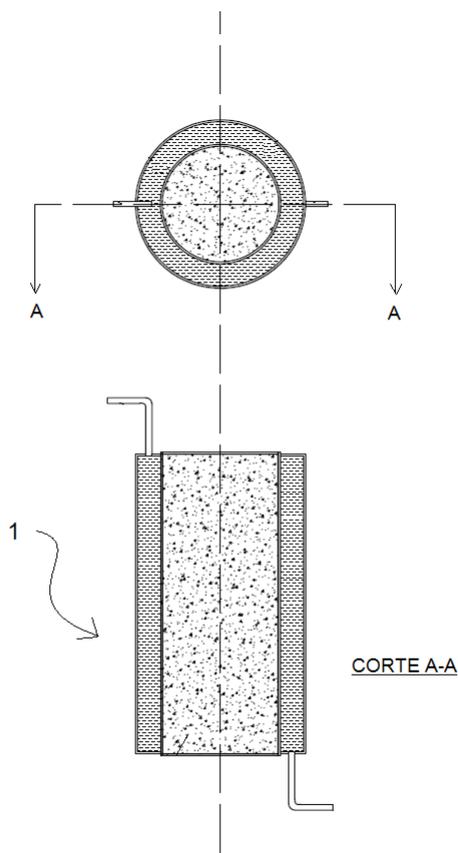


Figura 6